

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Análisis de la capacidad de descarga de las extremidades inferiores ofrecido por el uso de bastones de trekking en superficie horizontal.

Analysis of the unloading effect of the inferior extremities because of the use of hiking poles in horizontal surface.

AARÓN GUTIÉRREZ VELA

GRADO EN FISIOTERAPIA.

ESCUELA UNIVERSITARIA GIMBERNAT CANTABRIA

DIRECTOR: CARLOS THOMAS GARCIA

FECHA DE ENTRAGA: 09-06-2016



ÍNDICE

| | |
|---|--------------|
| Resumen/Abstract..... | 3-4 |
| | |
| 1. Introducción..... | 5-10 |
| 1.1 Técnica marcha con bastón..... | 6 |
| 1.2 Beneficios de los bastones..... | 6-7 |
| 1.3 Repercusiones de los bastones a nivel fisiológico y biomecánico..... | 7-8 |
| 1.4 Propiedades de los materiales..... | 8 |
| 1.5 Estudio de mercado..... | 9-10 |
| | |
| 2. Materiales y métodos..... | 10-15 |
| 2.1 Sujetos sometidos a estudio..... | 10 |
| 2.2 Equipamiento utilizado..... | 10-11 |
| 2.3 Simulación de la marcha en superficie horizontal.. | 11-15 |
| | |
| 3. Resultados..... | 15-20 |
| 3.1 Marcha sin bastón..... | 15-16 |
| 3.2 Marcha cruzada..... | 16-18 |
| 3.3 Marcha en línea..... | 18-20 |
| 3.4 Recogida de datos en carrera..... | 20 |
| | |
| 4. Conclusión..... | 21 |
| | |
| 5. Bibliografía..... | 22-23 |
| | |
| Anexos..... | 24-37 |

RESUMEN

Es comunmente conocido los beneficios que reporta para la salud la realización de actividad física con frecuencia. Esto ha llevado a un incremento significativo en el número de personas que realizan actividad física, notándose un especial incremento en las personas que realizan maratones y ultramaratones. Sin embargo, estos beneficios se pueden ver comprometidos cuando como consecuencia de esa actividad física aparecen lesiones.

En el ámbito de las rutas y carreras por montaña se está popularizando el uso de bastones, ya que los vendedores les atribuyen una serie de beneficios muy interesantes para los usuarios que practican estos deportes.

El propósito de este estudio fue analizar la efectividad de los bastones en la descarga de las extremidades inferiores.

En las investigaciones que se han llevado a cabo previas a este estudio para evaluar los efectos de los bastones de trekking se han visto resultados contradictorios a la hora de ver la reducción de la fatiga y otros parámetros fisiológicos. A nivel biomecánico se ha encontrado poca evidencia de que liberen de carga las extremidades inferiores.

Para llevar a cabo el estudio se diseñó una pasarela, donde se situó una célula de carga, por la que cinco sujetos llevaron a cabo tres tipos de marcha, una sin bastón que serviría de control y dos con la asistencia de los bastones.

En los resultados se observó que en los dos tipos de marcha analizados, los bastones mostraron ser eficaces a la hora de descargar las extremidades inferiores, otro resultado interesante fue ver como la totalidad de los sujetos transmitían al bastón situado en la mano dominante mas fuerza que al que se encontraba situado en la mano no dominante.

La conclusión a la que llegamos con este estudio es que el uso de bastones de trekking logra descargar las extremidades inferiores y que esto podría evitar la aparición de lesiones por sobreuso. Creemos que sería interesante futura investigación que corroborara que los bastones tienen un efecto positivo sobre el equilibrio y sobre la reducción de la fatiga, para así tener claro todos los beneficios que pueden reportar los bastones al usuario que los utilice.

ABSTRACT

The beneficial effects of regular physical exercise have been known for a long time. However, these beneficial effects are lost when injuries appear.

Talking about hiking and ultra long distance races it has been notice that the use of hiking poles is getting popularized.

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of hiking poles to unload lower extremities.

Recent investigations about hiking poles shows contradictory results about the effect of reducing fatigue and others physiological parameters. Investigations about the biomechanical effects of hiking poles shows little evidences of the unloading effect that hiking poles report.

To carry out the present study a runway was designed where a load cell was situated. 5 subjects took part in the study, and they performed 3 walking types in the runway, one no pole-walking and two pole-walking.

Results show the effectiveness of hiking poles unloading lower extremities and that all subjects make more strength with the pole situated in their dominant hand.

To conclude, we have demonstrated the effectiveness that hiking poles report unloading lower extremities. We think that future investigation should analyze the effect of hiking poles in balance and in fatigue.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es un estudio transversal en el que se han combinado dos líneas de trabajo. En primer lugar, se ha analizado la capacidad de descarga biomecánica de las extremidades inferiores mediante el uso de bastones. En segundo lugar, se han caracterizado las propiedades del propio bastón.

De la combinación de ambas líneas de trabajo podrán hacerse recomendaciones en cuanto al uso y eficiencia de bastones.

Es comúnmente conocido que cada día mas gente practica deporte en España (García Ferrando, M. et al., 2010), como también es conocido que la práctica de este deporte tiene beneficios para la salud del que lo practica a nivel tanto físico como psíquico (García Falgueras, A., 2015).

Uno de los deportes con gran crecimiento reciente es el de las carreras de montaña tanto de larga como corta distancia y es en estas disciplinas donde se utilizan los bastones objeto de análisis (Tabla 2).

Tabla 1: Justificación del aumento de usuarios que practican estos deportes utilizando los sujetos que han acabado entre 2010-2015 la maratón y la ultramaratón de los 10.000 del Soplao, fuente: Wwww. Diezmildelsoplao.com

| | Usuarios por año | | | | | |
|--------------|------------------|------|------|------|------|------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Maratón | 84 | 206 | 348 | 384 | 658 | 652 |
| Ultramaratón | 26 | 68 | 69 | 102 | 133 | 179 |

En estas pruebas ya se han analizado las lesiones más frecuentes que sufren los deportistas de estas disciplinas (Malliaropoulos, N, et al., 2015) notificando más lesiones en la columna lumbar baja, rodilla y la zona plantar.

1.1 Técnica de marcha con bastón

La técnica de marcha con bastones que se encuentra en la literatura es la técnica ALFA247 (Martinez Lemos, R.I., 2010), una metodología propuesta por la asociación de Nordic Walking (NW), que consiste en 4 características principales del movimiento NW: andar derecho, amplitud de movimiento de los brazos, formar un ángulo con el bastón y adecuar el paso. Los números que acompañan a las iniciales (247) se refiere a un aspecto específico de la metodología en la enseñanza de la técnica. El 2 hace referencia a las 2 direcciones del movimiento (empuje y recobro). El 4 hace referencia a los 4 momentos del movimiento (tocar, cargar, controlar y sujetar). El 7 hace referencia a los 7 pasos de la secuencia del aprendizaje técnico: conocer, primeras experiencias, coger y soltar, ponerse derecho, áreas de movimiento, trabajo activo del pie y variantes.

1.2 Beneficios de los bastones

Los fabricantes de bastones defienden su uso ya que alegan beneficios especialmente en tres niveles: ganancia de equilibrio, descarga de los impactos en las articulaciones de la extremidad inferior y equilibrar esfuerzos entre brazos y piernas (Figura 1).



Figura 1: (Ventajas del uso del bastón)

Fuente: www.decathlon.es

En los estudios de Howatson y Kawamoto (Howatson, G. et al., 2011) (Kawamoto, R. et al., 2015) se realizan análisis de los efectos del uso de los bastones, centrándose especialmente en los ámbitos fisiológicos y biomecánicos.

1.3 Repercusiones de los bastones a nivel fisiológico y biomecánico

A nivel fisiológico tanto (Howatson, G. et al., 2011) con un estudio sobre 37 sujetos como Jacobson (Jacobson, B.H. et al, 1998) con un estudio sobre 11 personas, observaron que los bastones tienen un efecto positivo reduciendo el rango de esfuerzo percibido (RPE). Sin embargo, estos resultados no son sostenidos por Ducham (Ducham, R. et al., 2009) ni por Perrey (Perrey S. et al.2008), ya que no notificaron ningún efecto de los bastones sobre el RPE. Kawamoto (Kawamoto, R. et al., 2015) con un entrenamiento de 12 semanas en la marcha con bastones Nordic, Walking, sobre 72 mujeres encontró una mejoría funcional con el test “6 minute walking distance”. Este test consiste en andar durante 6 minutos la máxima distancia posible y a nivel

fisiológico en parámetros generales: índice de masa corporal, presión arterial sistólica y diastólica, hemoglobina, proteína reactiva C, etc.

A nivel biomecánico, Abendroth (Abendroth, J. et al., 2008) sugiere que el uso de bastón proporcionan mayor estabilidad y liberan de carga a las extremidades inferiores. Además Sprod y sus colaboradores (Sprod, L.K. et al., 2006) encontraron que el uso de los bastones mejora la resistencia de la musculatura del hombro.

En cualquiera de los casos no se han encontrado datos objetivos en cuanto a qué porcentaje de peso recibe el bastón según el modo de uso, cuánto de eficiente es la descarga y en qué situaciones mejora el impulso. A lo largo del trabajo se tratará de responder a estas cuestiones.

1.4 Propiedades de los materiales

Los materiales utilizados en los bastones son principalmente dos: aluminio y fibra de carbono. En la literatura (de Toro Pintó, A., 2013) se describen las características principales de la fibra de carbono: peso reducido, elevada resistencia mecánica, gran elasticidad y resistencia a la corrosión. Por estas características, este material está siendo utilizado en otras disciplinas deportivas como por ejemplo en el fútbol para las espinilleras (de Toro Pintó, A., 2013).

El aluminio por otro lado es un material más barato que la fibra de carbono, blando pero a la vez resistente, maleable y dúctil y es apto para el mecanizado y la fundición (Smith, W.F., 1998) aunque más denso que el material compuesto de fibra de carbono.

1.5 Estudio de mercado

En un estudio del mercado realizado en webs de material de montaña: www.decathlon.es, www.barrabes.com y www.deporvillage.com se encuentra que los fabricantes de estos bastones utilizan principalmente el aluminio y la fibra de carbono. Los bastones pueden ser de una sola pieza o plegables. Los plegables son más fáciles de transportar. Éstos pueden ser de bloqueo externo, que proporcionan una mayor facilidad de ajuste o de bloqueo interno, mas ligeros y compactos (www.decathlon.es). Otra parte importante de los bastones es la empuñadura. Los materiales usados para esta parte del bastón son la espuma, el corcho y el plástico, y son en forma ergonómica. En el otro extremo del bastón está la suela, que es la que se encarga de absorber los impactos, para ello están fabricadas de caucho y goma. En la Tabla 2 se analizan las características de una serie de bastones.

Tabla 2. Características principales de bastones encontrados en la red.

| Marca y Modelo | Material/ peso (g) | Material empuñadura | Longitud: Max/min(cm) | Bloqueo externo/ interno |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| Qechua Forclaz | Aluminio 280 | Caucho | 61/134 | externo |
| Qechua Forclaz 550 | Aluminio 260 | Espuma | 71/130 | externo |
| Qechua Forclaz 700 | Carbono 230 | Espuma | 62/137 | externo |
| Leki Micro Stick | Carbono 184 | Thermo-Mid | 36/120 | interno |
| Black Diamond Trial | Aluminio 240 | Doble densidad | 63,5/140 | externo |
| Ternua On Rush | Carbono 195 | Goma EVA | 60/130 | externo |
| Black Diamond Trail Sport 2 | Aluminio 274 | Goma | 59/123 | externo |

| Marca y Modelo | Material/ peso (g) | Material empuñadura | Longitud: Max/min(cm) | Bloqueo externo/ interno |
|----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| Dynafit Vertical Pro Pole | Carbono 152 | Goma EVA | (115/120/125/130/135) | interno |
| Black Diamond distance FLZ | Aleación ligera aluminio 235 | Espuma EVA | 37/140 | interno |

Con todo esto analizado, se calculará la repercusión a nivel de descarga que tienen los bastones utilizados durante la marcha y si es posible innovar en su fabricación.

2. Materiales y métodos

2.1 Sujetos sometidos a estudio

Los sujetos participantes en este estudio han sido 5, con una edad media de 35,8 años con un peso medio de 72,4 kg. Todos ellos en un estado de salud bueno acostumbrados a actividades de montaña y al uso de bastones. Todos ellos firmaron un consentimiento informado aceptando de esta manera su participación en el estudio. Previamente al estudio propiamente dicho, se mantuvo una charla con éstos donde se les explicó en qué consistía el estudio, qué datos se iban a recopilar y cuál era el fin del estudio.

2.2 Equipamiento utilizado

Para llevar a cabo el estudio se utilizaron bastones Qechua Arpenaz, los cuales son plegables, su forma de bloqueo es externa, la cual proporciona una mayor facilidad de ajuste (www.decathlon.es). Estos bastones cuentan con una longitud máxima de 120 cm, su longitud mínima es de 55 cm y su peso es de 0,2 kg. La empuñadura de estos bastones está fabricada utilizando como material principal la espuma. Además de con estos bastones se tomaron medidas con los bastones de fibra de carbono Black Diamond Distance Carbon Z, los cuales son unos bastones plegables, que tienen un peso de 140g,

su longitud mínima es de 33cm y la máxima es de 100cm. Con estos bastones no se obtuvieron diferencias más que en el peso del bastón. Por lo que el estudio se realizó únicamente con los bastones Quechua Arpenaz fabricados en aluminio.

Al ser bastones extensibles, se pudo estandarizar la medida de éste para todos los sujetos del estudio. Para estandarizar la medida, se llevó a cabo el procedimiento que se ha seguido en la literatura (Kawamoto, R. et al., 2015), poniéndose el bastón a una altura en la que el sujeto, agarrando la empuñadura, su codo se situase en una posición de flexión de 90°.

Para tomar los datos de carga se recurrió a una célula de carga fabricada por la marca Instron con una capacidad máxima de 25 kN, en las instalaciones del LADICIM, laboratorio situado en la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria.

2.3 Simulación de la marcha en superficie horizontal

Para llevar a cabo la toma de datos con la célula de carga, lo primero que se propuso fue el diseño de la pasarela en la que se llevaría a cabo el ensayo. Fue diseñada una pasarela de aproximadamente 2 m de largo y 1 m de ancho, fabricada totalmente en madera, Fig. 2. En dicha pasarela se practicó un carril donde se situó la célula de carga, el motivo del carril fue el adecuar la posición de la célula de carga en función del tipo de paso de cada sujeto, ya que no todos los individuos sometidos al estudio tenían la misma longitud en su zancada, Fig. 3. Esto permitió que las condiciones de marcha sobre la pasarela fueran similares a las que se dan en actividades de marcha o carrera en una situación real.



Fig. 2: Pasarela diseñada para la realización del estudio.



Fig.3: Carril que se construyó en la pasarela para adecuar la posición de la célula de carga a la zancada de cada sujeto que se sometió al estudio.

Una vez diseñada y construida la pasarela, se propuso qué tipos de marcha con bastón iban a ser analizados. En primer lugar, la primera toma de datos sería la de la marcha sin bastón, Fig. 4, esta es básica, ya que serviría de control para comprobar el posible efecto de descarga de los bastones. Los sujetos recorrerían la pasarela del punto A al punto B y

posteriormente del punto B al punto A, para así tener datos de carga de ambas extremidades inferiores.

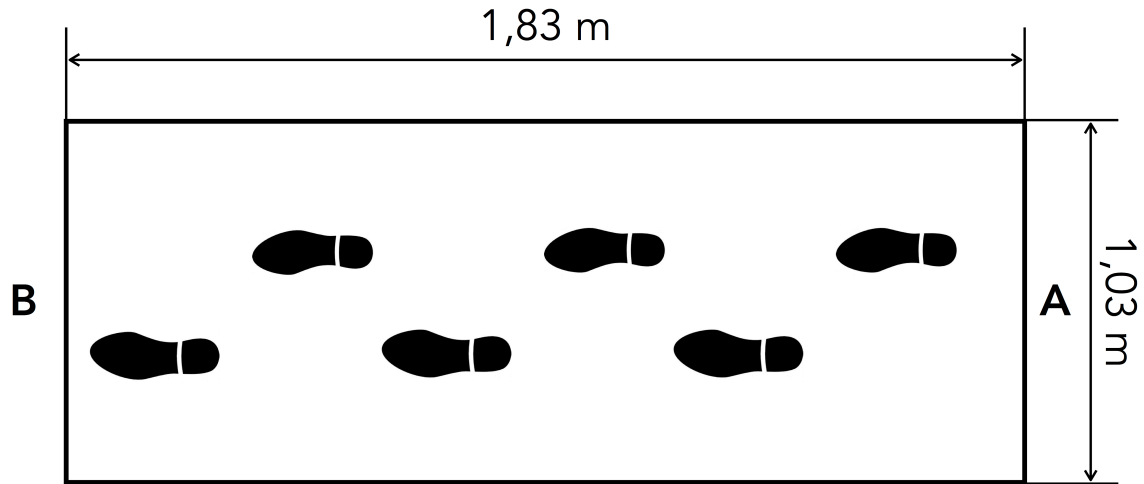


Figura 4: Marcha en pasarela sin bastones.

A continuación, se tomarían datos de las dos marchas con bastón que iban a ser analizadas, para ello se tuvo que estandarizar la medida del bastón. Como ya se ha hecho en estudios en los que se analiza el efecto de bastón (Sprod, L.K. et al., 2006) éste debe tener una longitud que permita al sujeto con el codo flexionado a 90° , agarrar la empuñadura del bastón, Fig. 5.

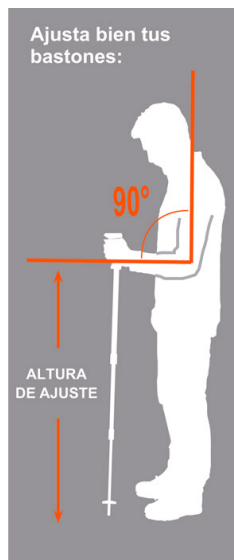


Figura 5: Ajuste altura bastón.

Fuente: www.decathlon.es

La siguiente marcha a analizar es la técnica ALFA247, a la que se denominaría marcha cruzada ya que se adelanta un pie y se apoya el bastón situado en el brazo contrario. Los sujetos sometidos al estudio, como anteriormente harían en la marcha sin bastón, irían del punto A al B y posteriormente del punto al B al A. Este recorrido lo harían 2 veces para así tener datos de carga de los dos pies y de los dos bastones. Primero se tomaron datos de carga de las extremidades inferiores y posteriormente de la carga que efectuaban los sujetos sobre los bastones, Fig. 6.

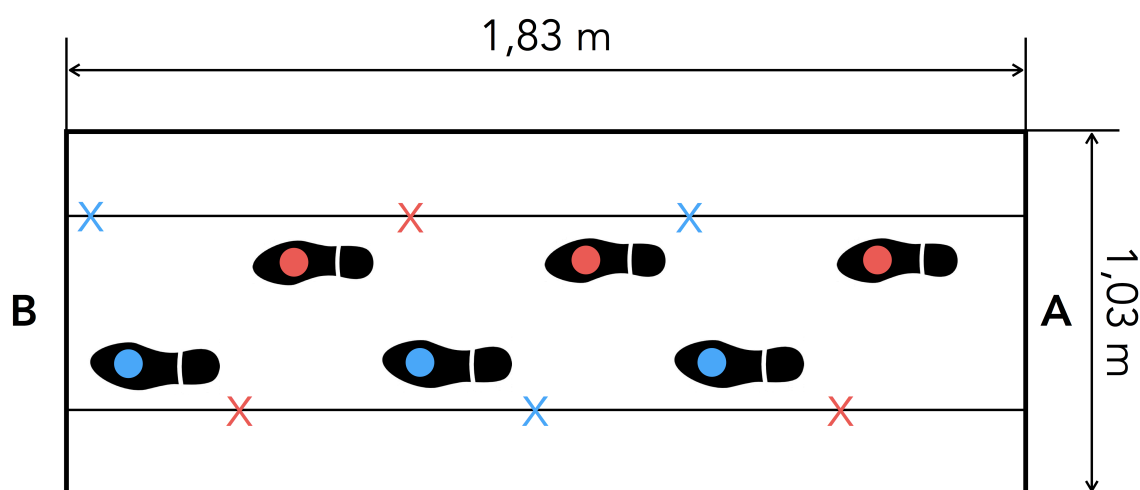


Figura 6: Marcha cruzada en pasarela con bastón, se indica con el mismo color el apoyo simultaneo de bastón y pie correspondiente.

A continuación, se propuso analizar la marcha aquí denominada “en línea”, ya que se adelanta un pie y el bastón situado en el brazo del mismo lado. Como en la marcha cruzada, los sujetos recorrieron seis veces la pasarela: A-B y otras seis veces el recorrido B-A. Las primeras tres veces en cada sentido apoyando en la célula de carga

los pies y en las tres últimas los bastones para así tener los datos de carga de ambos bastones y ambas extremidades inferiores, Fig. 7.

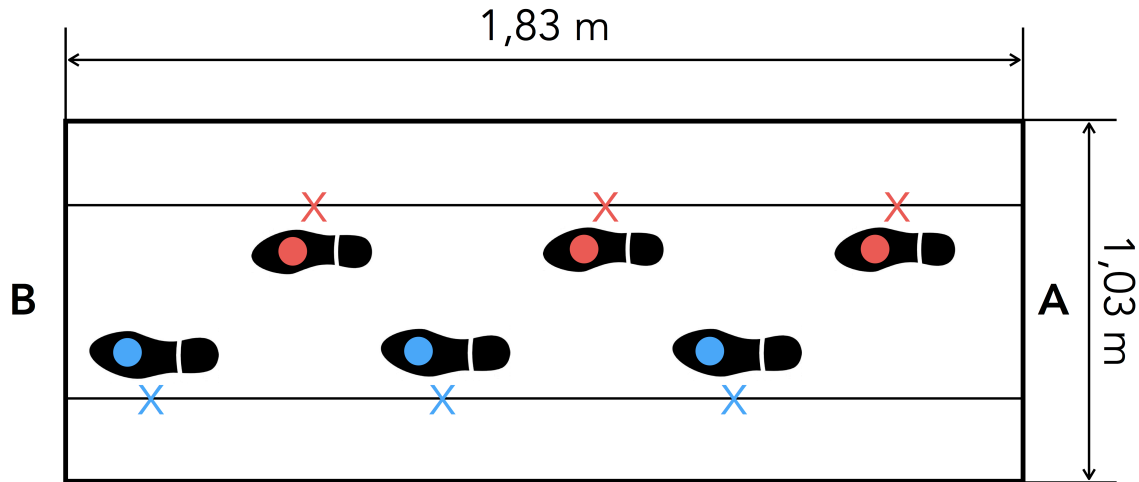


Figura 7: Marcha en línea en pasarela con bastón. Los colores indican simultaneidad de contacto con el suelo entre pie y bastón.

Para llevar a cabo la recogida de datos se hicieron 5 pasadas de entrenamiento en cada uno de los recorridos en los que se iban a analizar. Estas 5 pasadas servían además para que el sujeto se adecuase a la pasarela y los resultados se asemejasen en lo máximo posible a condiciones de marcha en una situación real. Para la recogida de datos, se recogieron 3 pasadas en cada uno de los recorridos que fueron analizados.

3. Resultados

3.1 Marcha sin bastón:

Las gráficas son similares en todos los sujetos con una forma clara dónde se identifica un primer pico correspondiente al apoyo de talón, un posterior descenso y meseta correspondiente al apoyo total del pie y por último un último pico, correspondiente al impulso previo al comienzo de la fase de oscilación, Fig 8-9.

Las diferencias de carga en el apoyo de talón y en el impulso previo a la fase de oscilación entre el pie dominante y pie no dominante son en los 5 sujetos mínimas, cuantitativamente hablando, pero lo que se obtiene de los resultados es que en la fase de apoyo de talón los sujetos cargan más en el pie no dominante. En la fase de impulso hay mas heterogeneidad en los resultados, las diferencias cuantitativas de carga vuelven a ser mínimas pero en este caso dos de los sujetos se impulsan más con la pierna dominante y los otros tres lo hacen en mayor medida con la pierna no dominante. Todos estos resultados se encuentran en las tablas que se adjuntan en los anexos.

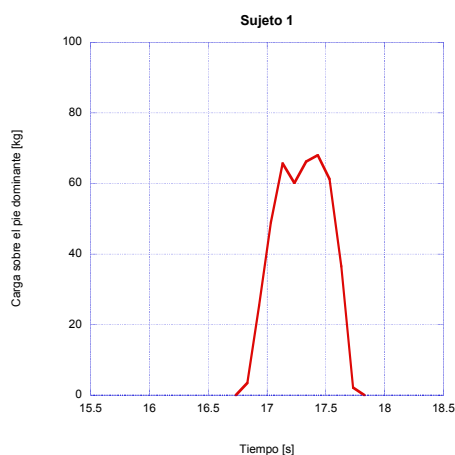


Fig 8. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón, en el sujeto 1.

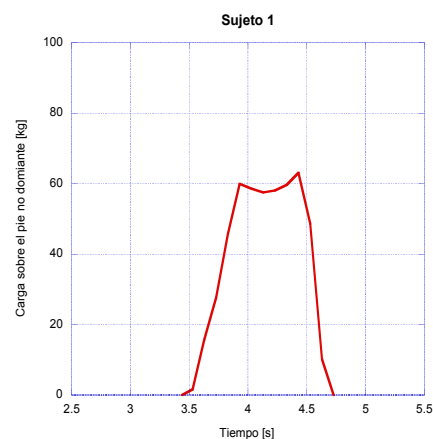


Fig 9. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón, en el sujeto 1.

3.2 Marcha cruzada

En este tipo de marcha con bastones la forma de la curva carga-descarga es similar a la de la marcha sin bastón, Fig 10-11.

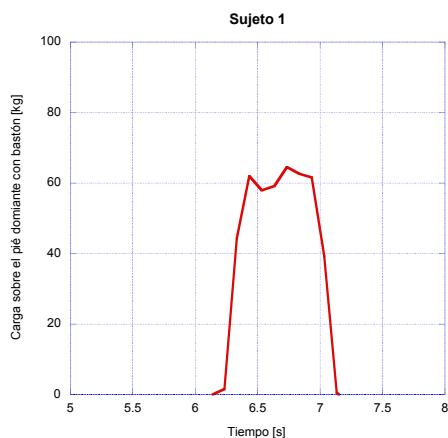


Fig 10. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

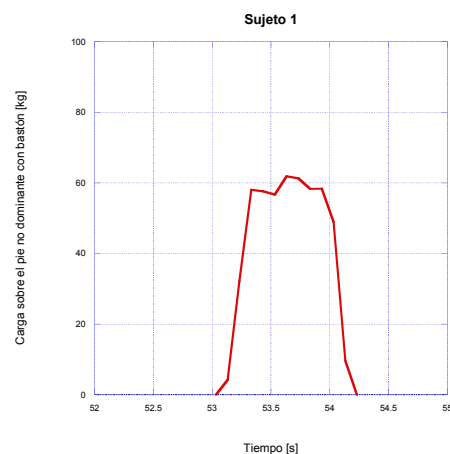


Fig 11. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

En este tipo de marcha, como sucedía en la marcha sin bastón la mayoría de los sujetos, 4 de 5, cargan en la fase de apoyo de talón más peso en la extremidad no dominante que en la dominante. En la fase de impulso, como sucedía en la marcha sin bastón hay mas heterogeneidad ya que 3 sujetos se impulsan más con el pie dominante y los otros 2 se impulsan más con el no dominante.

En comparación con la marcha sin bastón, en todos los sujetos se observo un descenso en la carga en el apoyo de talón tanto en el pie dominante como en el no dominante. En el pie dominante se observaron descargas en esta fase de entre el 3,3 y el 17,9% del peso corporal. Por otro lado, en el pie no dominante se observaron descargas del 3,1 al 22,7% del peso corporal.

En cuanto a la fase de impulso, se observó que con el bastón, 4 de los 5 sujetos sufrieron descarga, esto ocurrió tanto en el pie dominante como en el pie no dominante.

Cuantitativamente, en la fase de impulso, se observaron descargas de entre el 3,3 y el 22,7% del peso corporal en el pie dominante. En el pie no dominante la descarga observada fue de entre el 7,1 y el 22,7% del peso corporal. Estos resultados se pueden corroborar con el análisis de las gráficas adjuntadas en los anexos.

En cuanto a la fuerza que se ejerce en los bastones, la totalidad de los sujetos ejerció más fuerza con el bastón situado en la mano no dominante que con el bastón situado en la mano no dominante(Fig 12-13). Estos resultados se pueden corroborar con el análisis de las gráficas adjuntadas en los anexos.

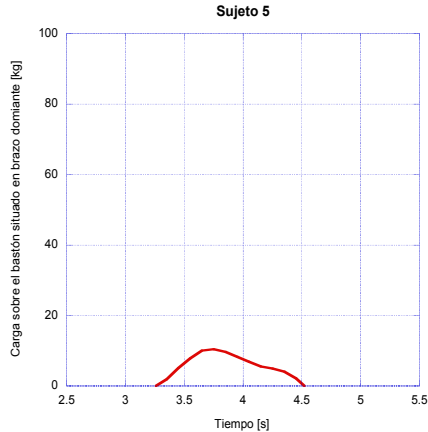


Fig 12. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

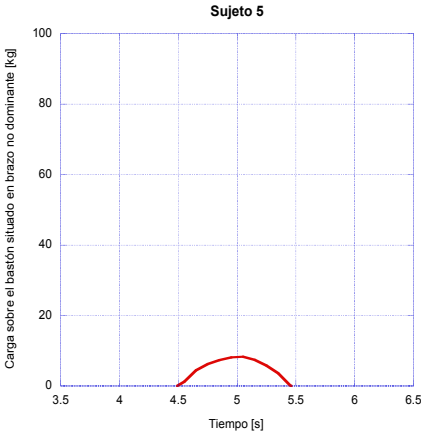


Fig 13. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

3.3 Marcha en línea:

Para los 5 sujetos las gráficas de registro de carga quedaron con una forma similar a los dos tipos de marcha analizados previamente, Fig 14-15.

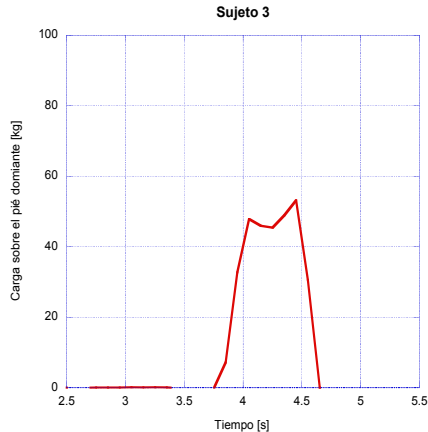


Fig 14. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

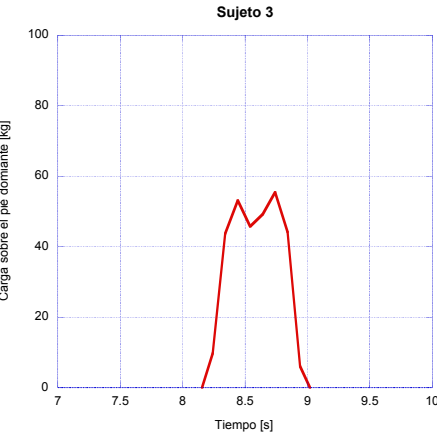


Fig 15. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

En este caso 4 de los 5 sujetos cargaron más peso en la extremidad no dominante en la fase de apoyo del talón. En la fase de impulso previa a la oscilación hay más heterogeneidad, como pasaba en la marcha cruzada, ya que 3 de los sujetos se impulsaron más con la extremidad dominante y 2 lo hicieron en mayor medida la extremidad no dominante.

En este tipo de marcha parece volver a demostrarse la efectividad de los bastones a la hora de descargar las extremidades inferiores. En la fase de apoyo de talón los 5 sujetos sufrieron una descarga en el apoyo del talón de la extremidad dominante, llegando a valores de descarga de entre el 5,4 y el 12,8 %. En el apoyo del talón de la extremidad no dominante los 5 sujetos mostraron descarga gracias al uso de bastones con un valor de entre el 5,7 y 12,4 %

En cuanto a la fase de impulso previa a la fase de oscilación, en la extremidad dominante 4 de los sujetos experimentaron descarga, llegando a valores de descarga de entre el 4,9 y el 12,2 %. Sin embargo, en la extremidad no dominante solo dos sujetos mostraron descarga por el uso de bastones. Esto se puede comprobar con las graficas adjuntadas en los anexos.

En la marcha en línea como en la marcha cruzada, se ha notificado que los sujetos ejercen más fuerza con el bastón situado en el brazo dominante que con el bastón situado en el brazo no dominante, Fig 16-17.

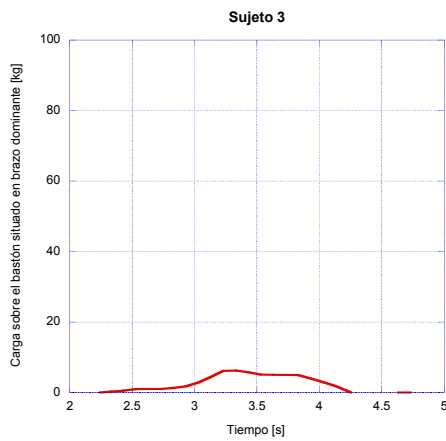


Fig 16. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

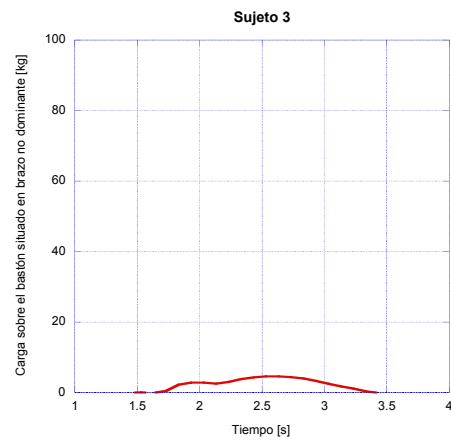


Fig 17. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

3.4 Recogida de datos durante la carrera.

Para comprobar que fuerzas se producían durante la carrera y como se distribuían estas en el tiempo, se le pidió al sujeto 2 que hiciera 3 pasadas para la recogida de datos, apoyando en la célula de carga el pie dominante. En el ensayo se comprobó que durante la carrera tanto la fuerza de apoyo de talón como el impulso previo a la oscilación son mayores que durante la marcha. Además de esto y como es lógico al llevar mas velocidad en la carrera, el tiempo invertido en el apoyo es menor que durante la marcha, Fig 18.

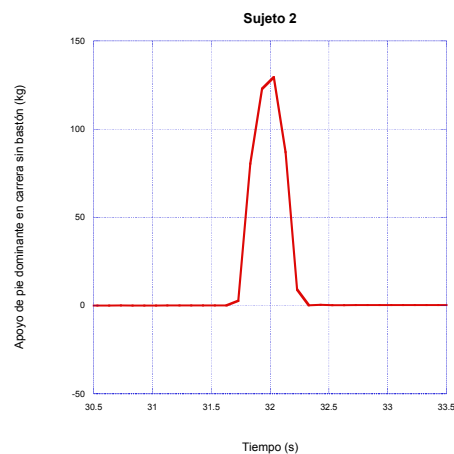


Fig 18: Recogida de datos de carga durante la carrera en superficie horizontal del Sujeto 2.

4. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados a la conclusión que llegamos con este estudio es que los bastones son eficaces a la hora de la descarga de las extremidades inferiores durante la marcha en superficie horizontal.

De los dos tipos de marcha analizados, la impresión que nos da es que es en la marcha cruzada es donde más efectivos se muestran los bastones, ya que es en esta marcha donde más descarga aportan.

Creemos que sería interesante que la futura investigación sobre los bastones de trekking comprobara la capacidad de los bastones de mejorar el equilibrio y disminuir el esfuerzo de los sujetos a la hora de hacer marchas o carrera. Además de estas investigaciones creemos que la futura investigación debe ir encaminada a comprobar si los bastones son eficaces a la hora de descargar las extremidades inferiores cuando el sujeto está sometido a un terreno con pendiente tanto ascendente como descendente.

Si se produjesen esas investigaciones, los usuarios que utilizan los bastones de trekking tendrían toda la información necesaria para comprobar lo que los bastones les pueden aportar a la hora de realizar marchas o carreras utilizando bastones.

5. Bibliografía:

Abendroth-Smith J, Swigart V, Bohne M. The acute effects of chronic trekking pole on static and dynamic balance.

Duckham R, Basset D, Fitzhugh E, Swibas T, McMahan A. The effects of hiking pole on performance and physiological variables during mountain climbing. *Res Jour of the Ame Soc of Exerc Physio*. 2009; 12(3): 34-41.

Garcia-Falgueras A. Physiological benefits of sports and physical activities. *Brit Jour of Educa & Behavio Sci*. 2015; 11(4): 1-7.

García Ferrando M, Llopis Goig R. Encuesta sobre hábitos deportivos en España. 1 ed. Valencia: Catálogo de Publicaciones de la Administración Genereal del Estado; 2011.

Howatson G, Hough P, Pattison J, Hill JA, Blagrove R, Glaister M et al. Trekking poles reduce exercise-induced muscle injury during mountain walking. *Med and Sci in Spo and exerc*. 2011; 140-145.

Jacobson BH, Wrtight T. A field test comprarison of hiking stick use on heartrate and rating of percieved exertion. *Percp and Mot Ski*. 1998; 87: 435-438.

Kawamoto R, Katoh T, Kohara K, Miki T. Determinant of change in insulin resistance response to Nordic Walking in community-dwelling elderly women. *Jour of Clin Gero & Geri*. 2015; 1-6.

Malliaropulos N, Mertyrri D, Tsakalis P. Prevalence of injury in ultra trail running. *Hum Mov*. 2015; 16(2): 52-59

Martinez Lemos RI. Alfa247: Un modelo de aprendizaje diferenciado para la enseñanza del Nordic Walking. *Rev de Inv en Edu*. 2010; (7): 123-130.

Perrey S, Fabre N. Exertion during uphill, level and downhill walking with and without hiking poles. *Jour of Spo Sci and Med*. 2008; 7: 32-38.

Smith WF, Hasemi. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de materiales. 1 ed. Madrid: Mc Graw Hill; 1996.

Spron LK, Drum SN, Bentz AT, Carter SD, Schneider CM. The effects of walking pole son shoulder function in Breast Cancer Survivors. Int Can Ther. 2005; 4(4): 287-293.

de Toro-Pinto A. Estudio del comportamiento mecánico de protecciones deportivas de fibra de carbono. 2013.

ANEXOS

1. Gráficas marcha cruzada:

Sujeto1: Registro de carga marcha cruzada

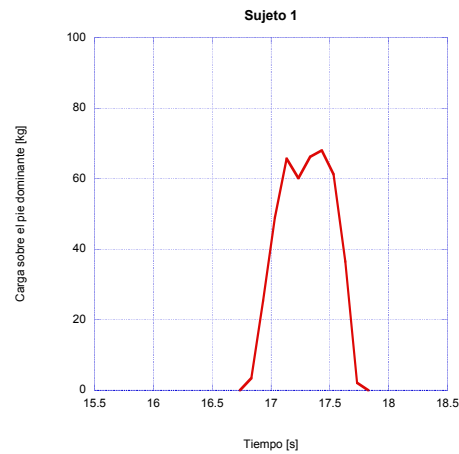


Fig 1. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

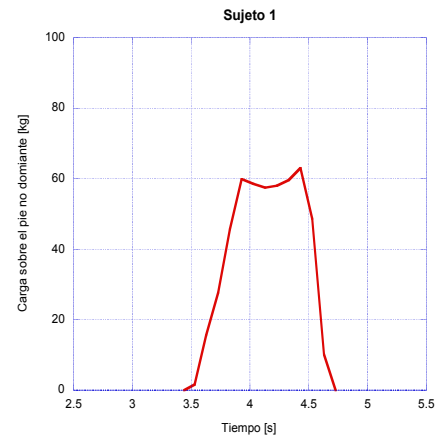


Fig 2. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

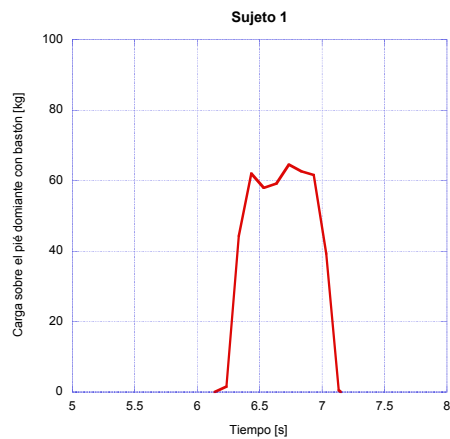


Fig 3. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

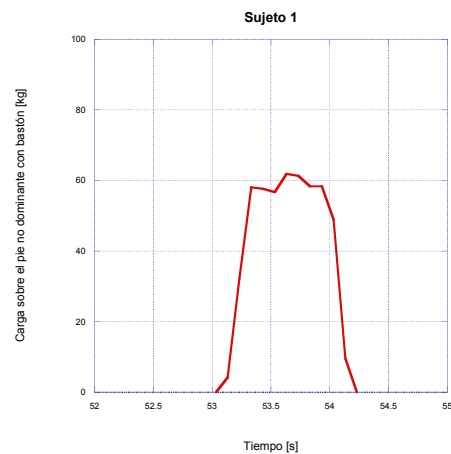


Fig 4. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

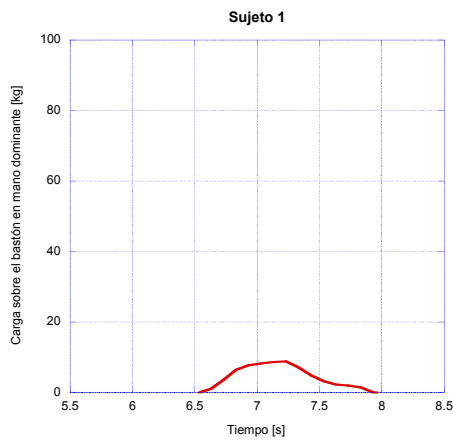


Fig 5. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

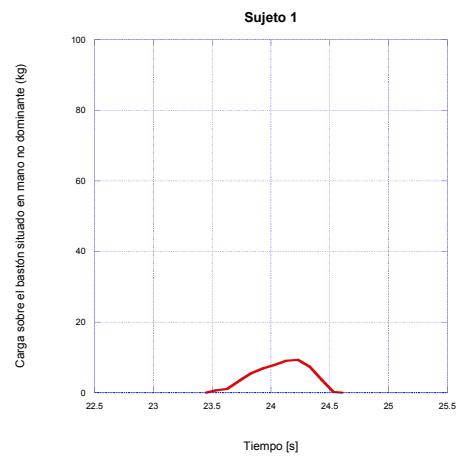


Fig 6. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo no dominante

Sujeto 2 : Registro de carga marcha cruzada

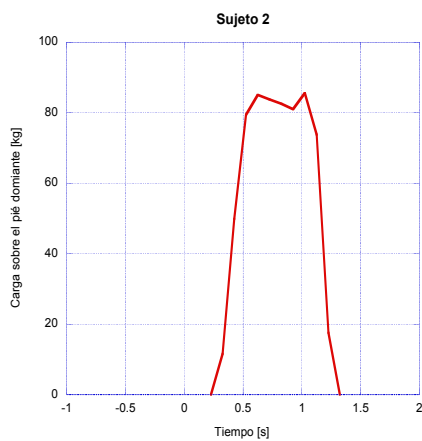


Fig 7. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

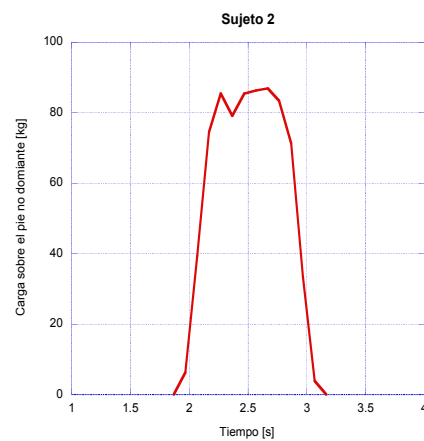


Fig 8. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

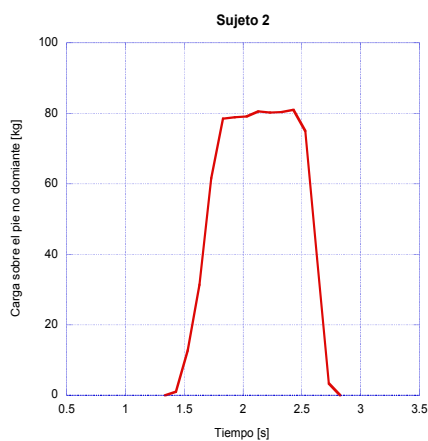


Fig 9. Representación del registro de carga

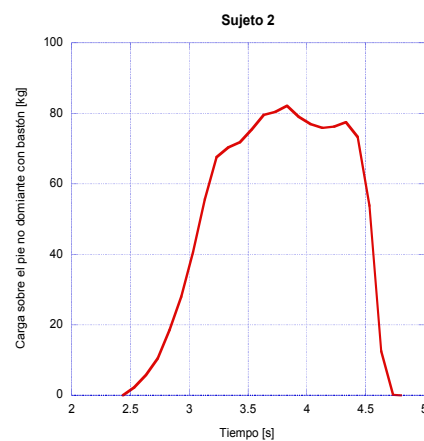


Fig 10. Representación del registro de carga

sobre el pie dominante con bastón.

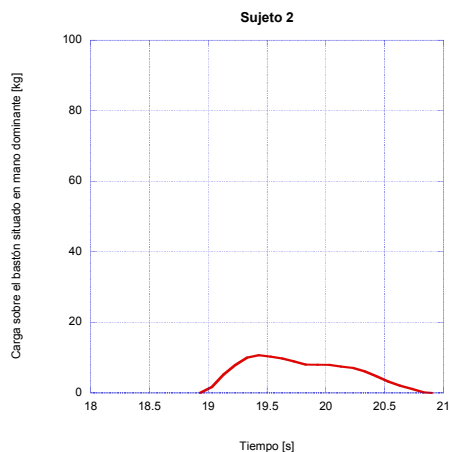


Fig 11. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

sobre el pie no dominante con bastón.

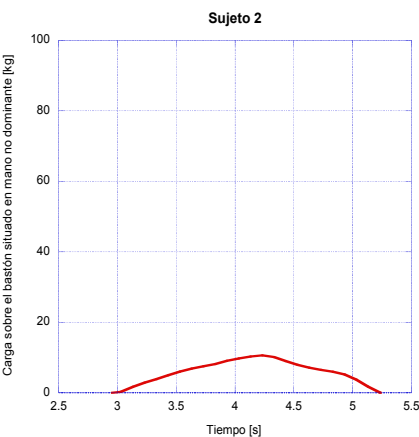


Fig 12. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo no dominante.

Sujeto 3 : Registro de carga marcha cruzada

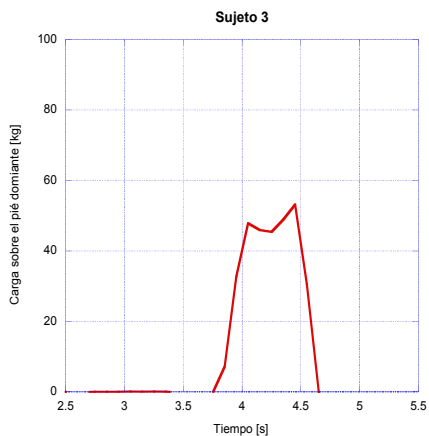


Fig 13. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

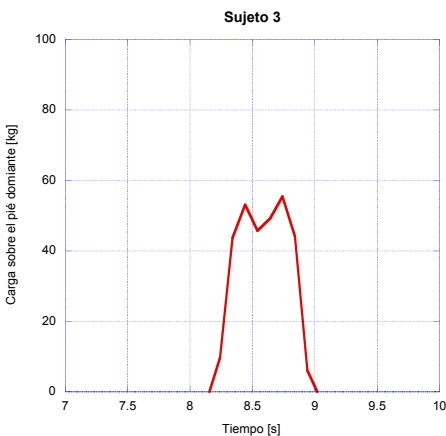


Fig 14. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

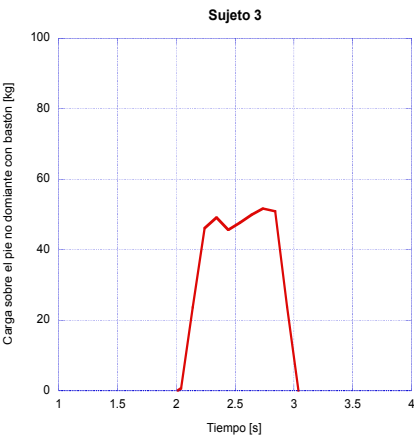
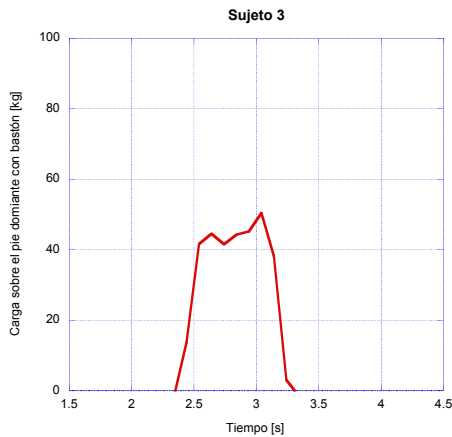


Fig 15. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

Fig 16. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

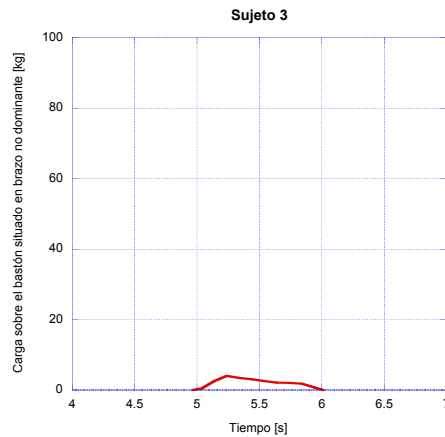
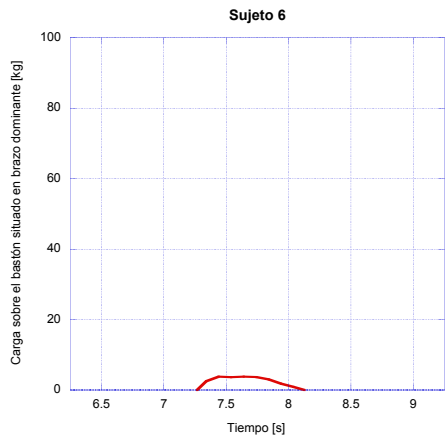


Fig 17. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

Fig 18. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

Sujeto 4 : Registro de carga marcha cruzada

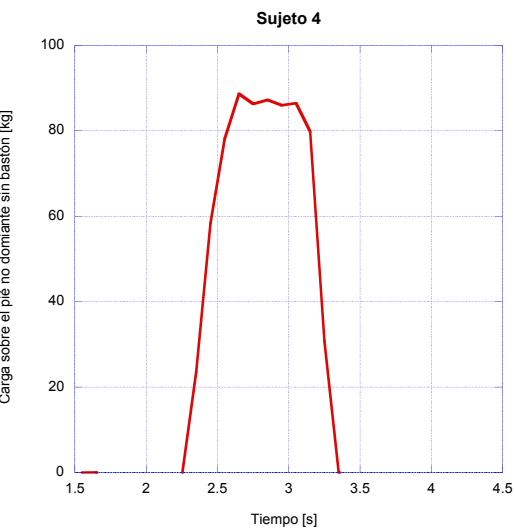
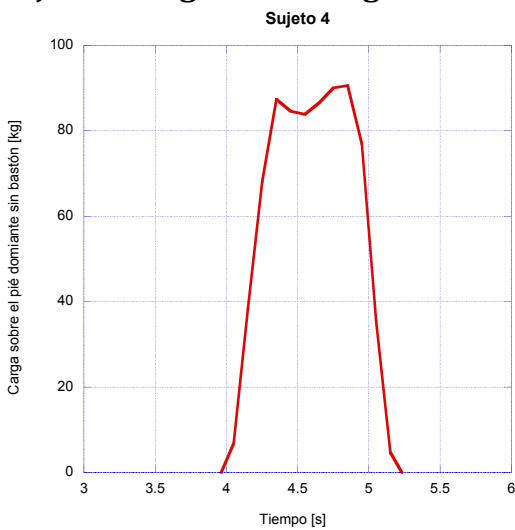


Fig 19. Representación del registro de carga

Fig 20. Representación del registro de carga

sobre el pie dominante sin bastón.

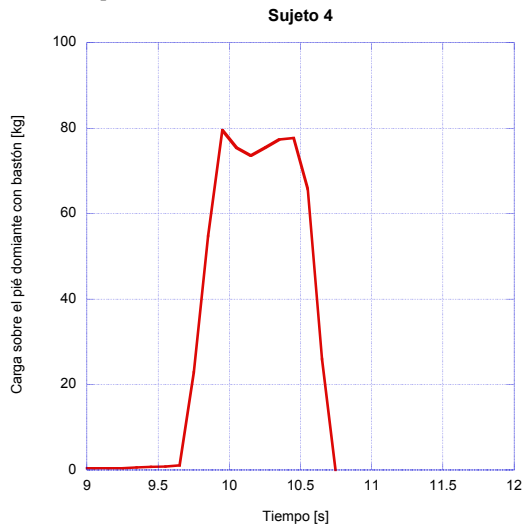


Fig 21. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

sobre el pie no dominante sin bastón.

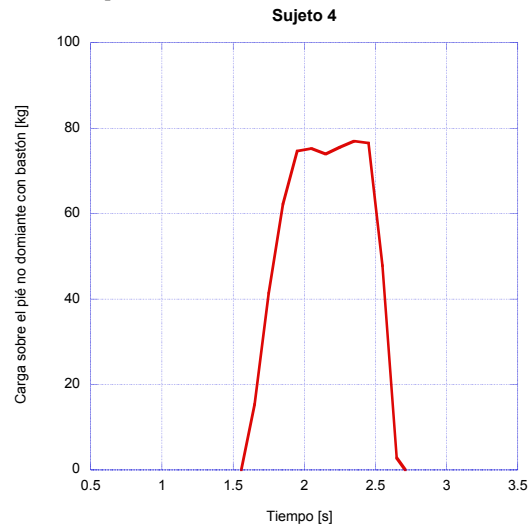


Fig 22. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

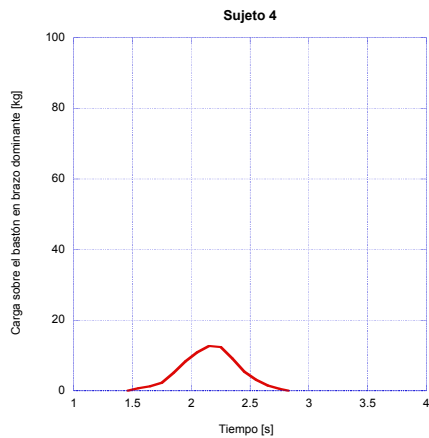


Fig 23. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

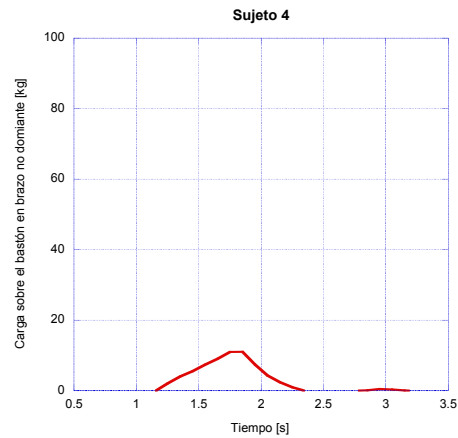


Fig 24. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

Sujeto 5 : Registro de carga marcha cruzada

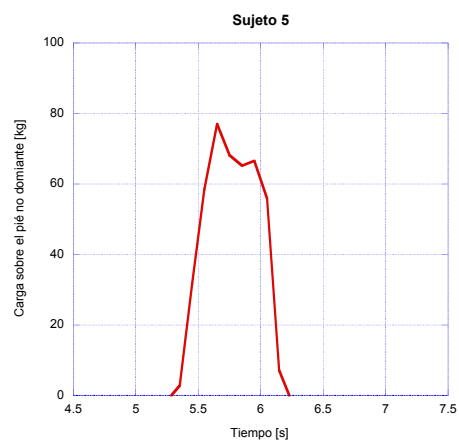
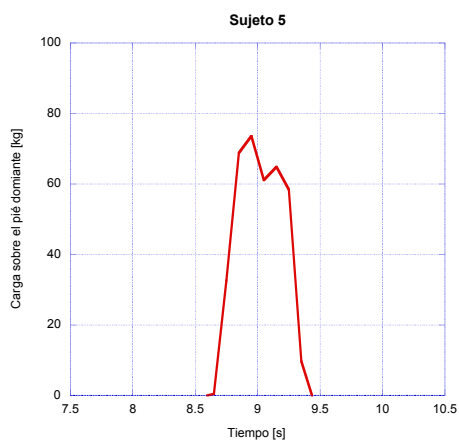


Fig 25. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

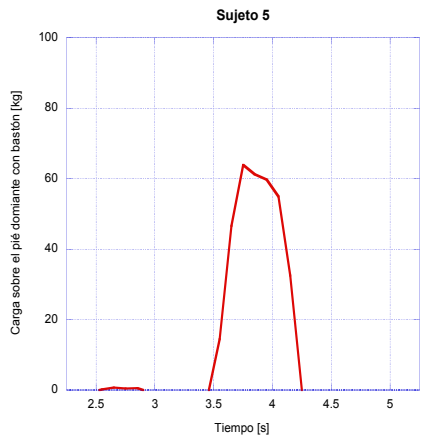


Fig 26. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

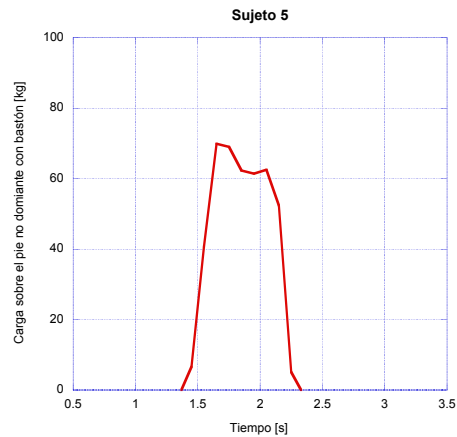


Fig 27. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

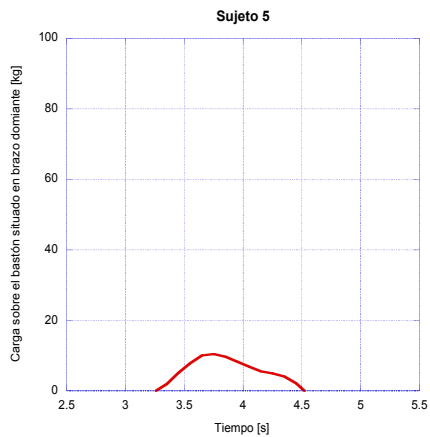


Fig 28. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

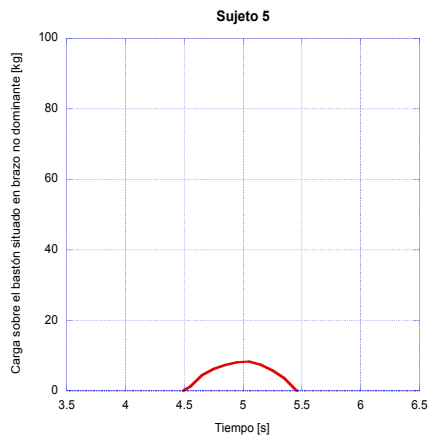


Fig 29. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

Fig 30. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

2. Gráficas marcha en línea:

Sujeto 1: Registro de carga en marcha en línea.

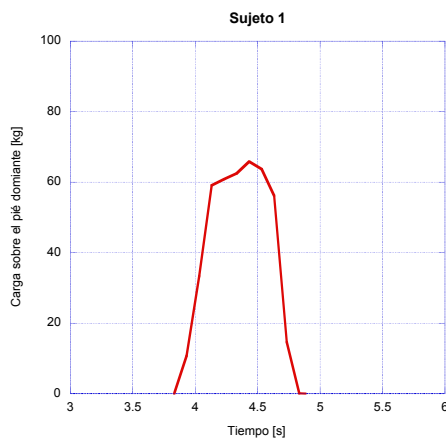


Fig 31. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

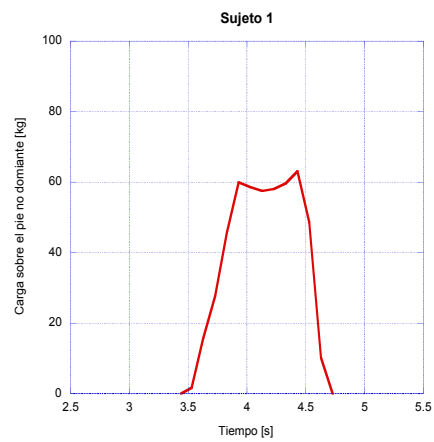


Fig 32. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

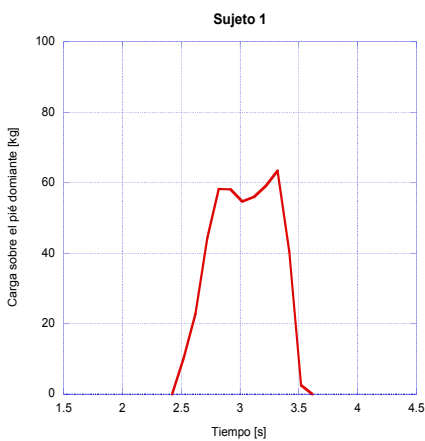


Fig 33. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

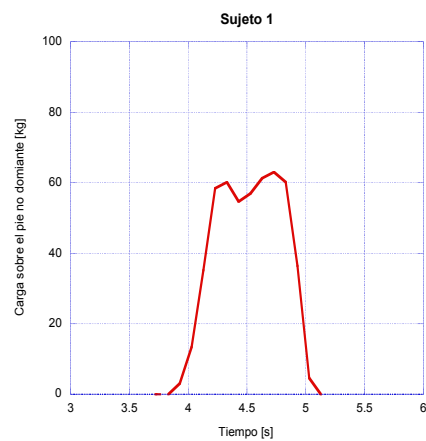


Fig 34. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

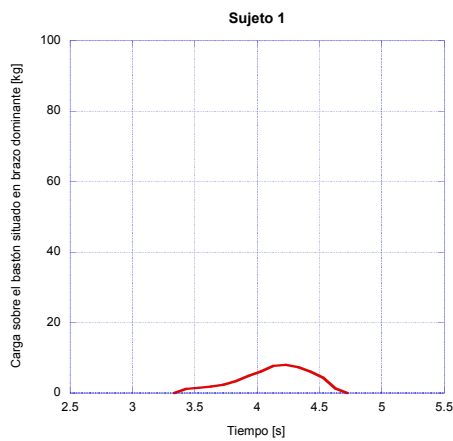


Fig 35. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

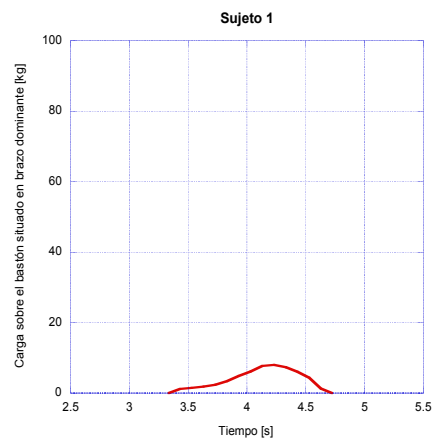


Fig 36. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo no dom.

Sujeto 2: Registro de carga marcha en línea.

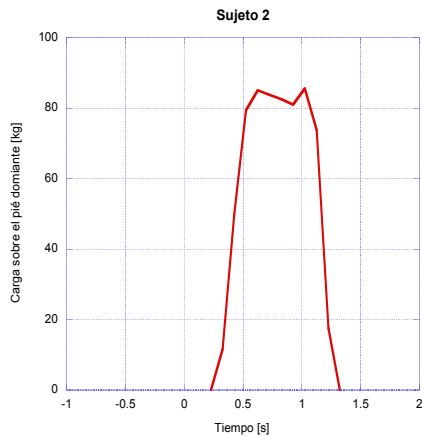


Fig 37. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

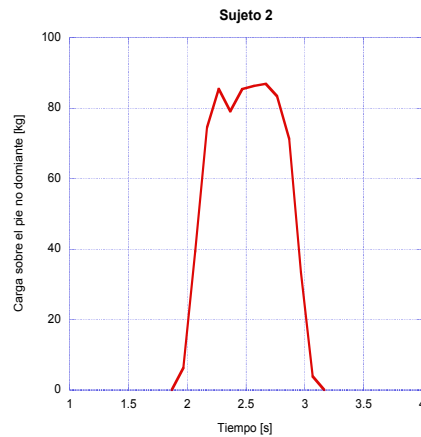


Fig 38. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

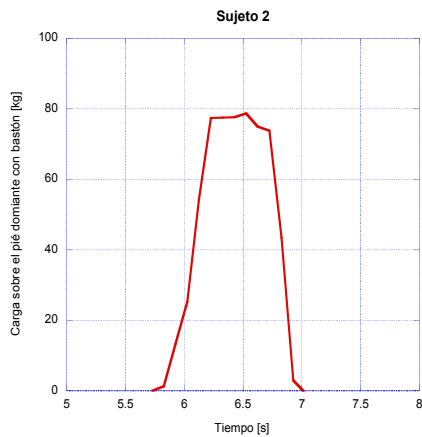


Fig 39. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

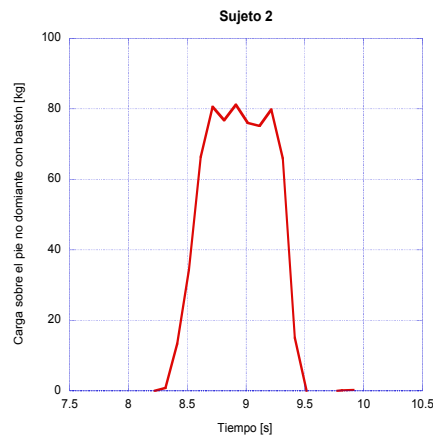


Fig 40. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

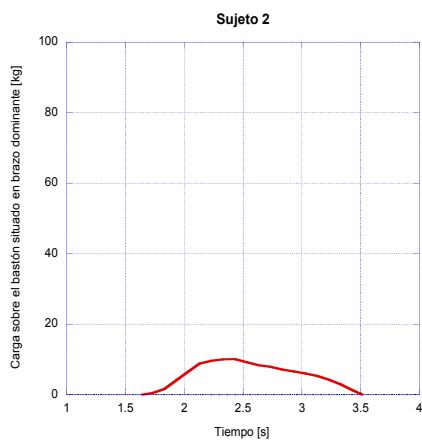


Fig 41. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

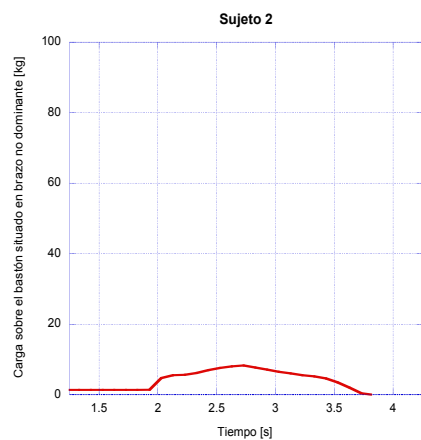


Fig 42. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo no dominante.

Sujeto 3 : Registro de carga marcha en línea

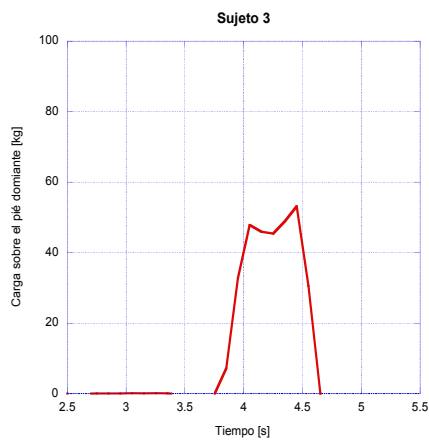


Fig 43. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

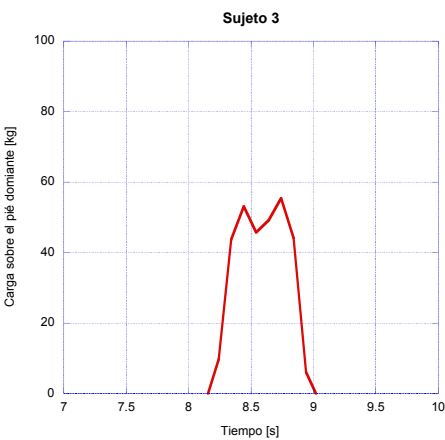


Fig 44. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

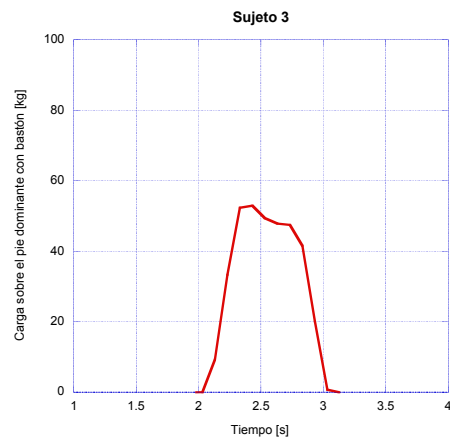


Fig 45. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

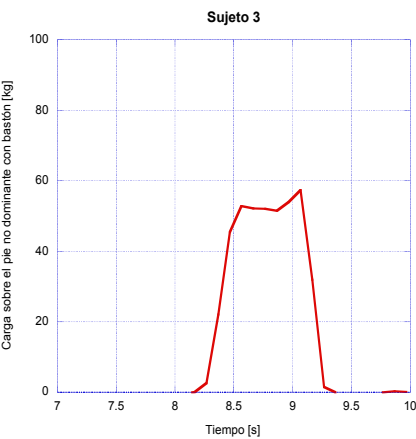


Fig 46. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

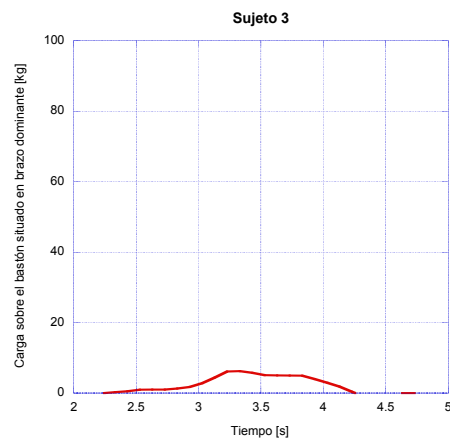


Fig 47. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

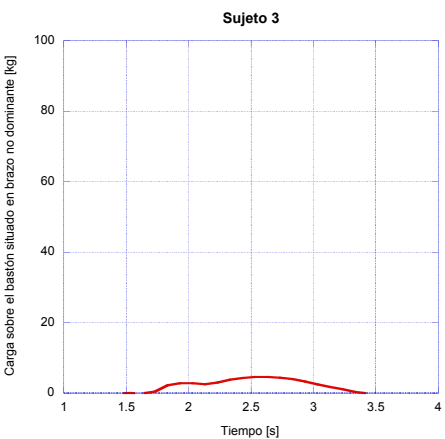


Fig 48. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

Sujeto 4: : Registro de carga en marcha en línea.

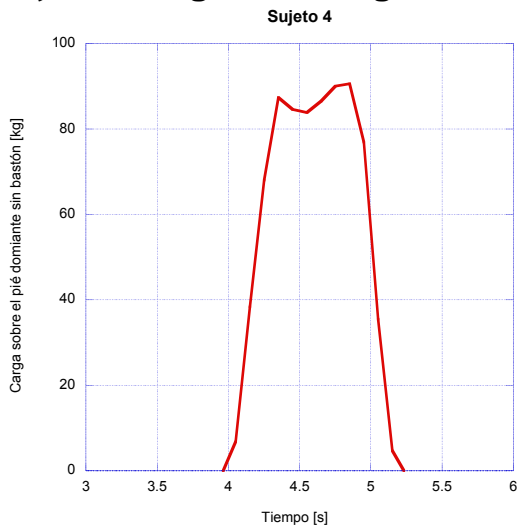


Fig 49. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

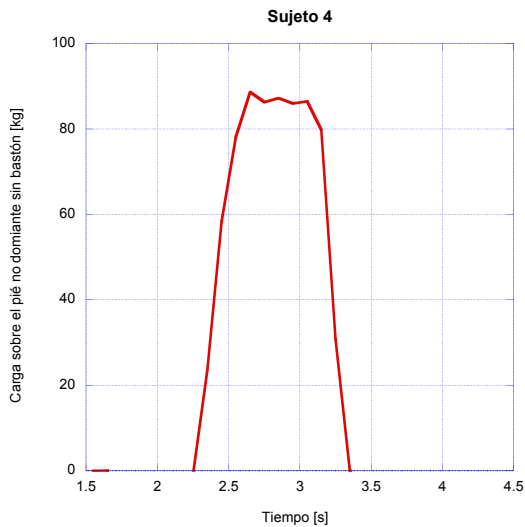


Fig 50. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

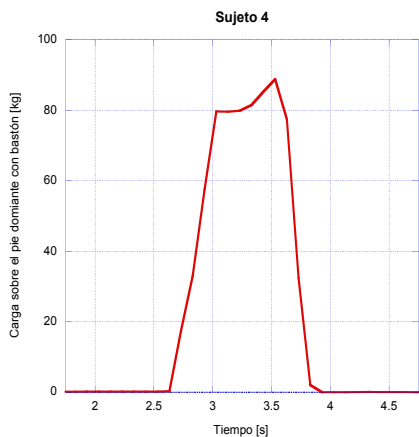


Fig 51. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

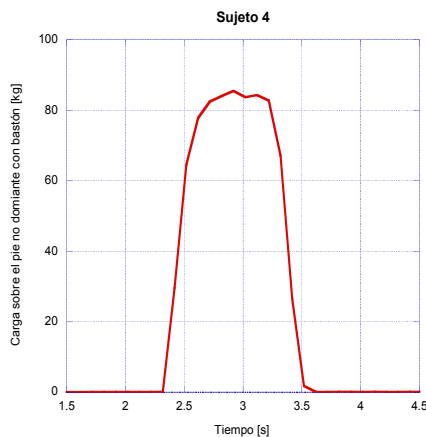


Fig 52. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

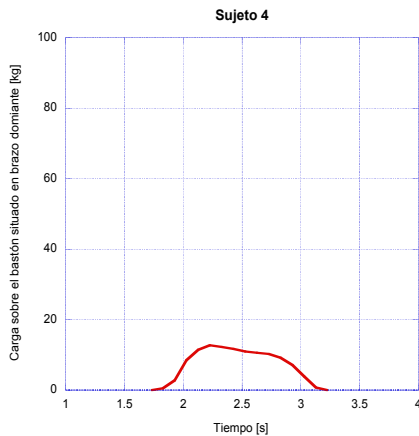


Fig 53. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

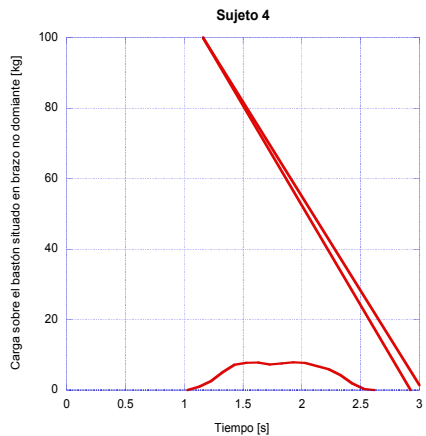


Fig 54. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

Sujeto 5: Registro de carga en marcha en línea

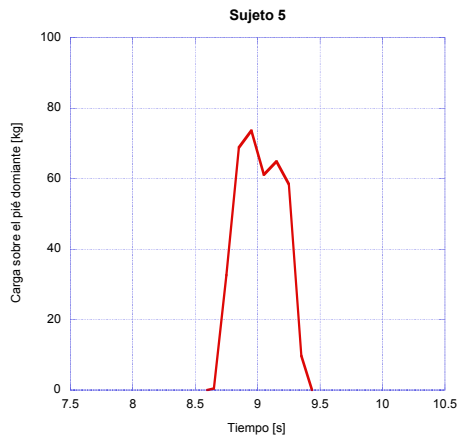


Fig 55. Representación del registro de carga sobre el pie dominante sin bastón.

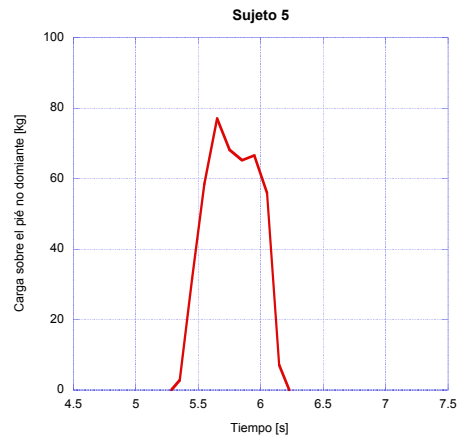


Fig 56. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante sin bastón.

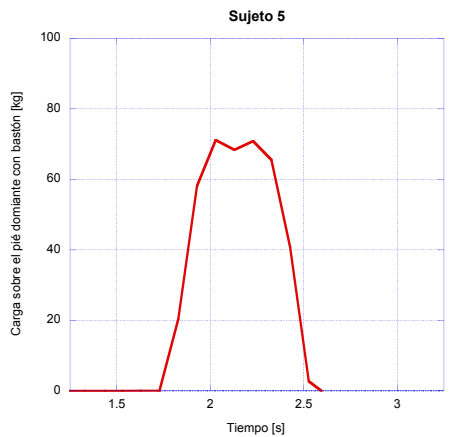


Fig 57. Representación del registro de carga sobre el pie dominante con bastón.

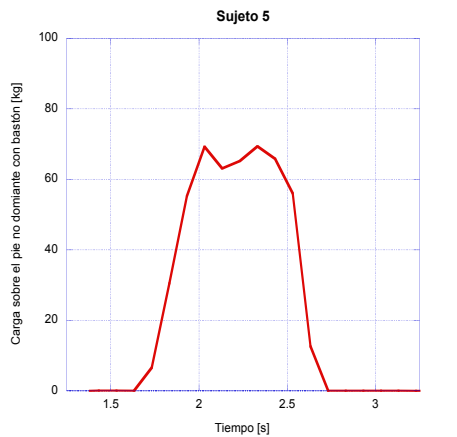


Fig 56. Representación del registro de carga sobre el pie no dominante con bastón.

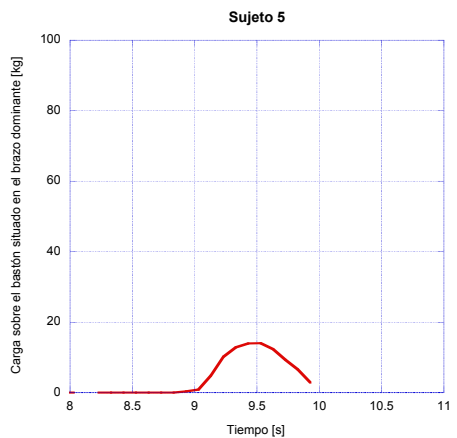


Fig 59. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en el brazo dominante.

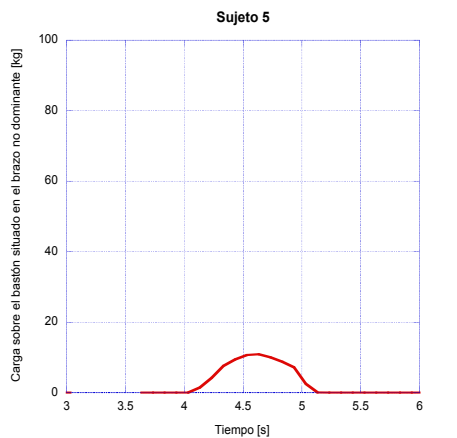


Fig 60. Representación del registro de carga sobre el bastón situado en brazo no dominante.

3. Registro cuantitativo de la carga marcha cruzada

Tabla 1.

4. Registro cuantitativo de la carga en marcha en línea

Tabla 2.

| Tabla 1. | | Pie dominante | | | | Pie no dominante | | | | | | Pie dominante | | | | Pie no dominante | | | | | |
|----------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | Peso (kg) | Pico de apoyo sin bastón (kg) | Pico de impulso sin bastón (kg) | Pico de apoyo con bastón (kg) | Pico de impulso con bastón (kg) | Pico de apoyo sin bastón (kg) | Pico de impulso sin bastón (kg) | Pico de apoyo con bastón (kg) | Pico de impulso con bastón (kg) | Bastón en mano dominante (kg) | Bastón en mano no dominante (kg) | Pico de apoyo sin bastón (% peso) | Pico de impulso sin bastón (% peso) | Pico de apoyo con bastón (% peso) | Pico de impulso con bastón (% peso) | Pico de apoyo sin bastón (% peso) | Pico de impulso sin bastón (% peso) | Pico de apoyo con bastón (% peso) | Pico de impulso con bastón (% peso) | Bastón en mano dominante (% peso) | Bastón en mano no dominante (% peso) |
| Sujeto 1 | 66,7 | 65,5 | 68 | 61,6 | 64,6 | 60 | 63 | 58 | 61,9 | 9,4 | 9,1 | -1,8 | 1,949 | -7,65 | -3,15 | -10 | -5,55 | -13 | -7,2 | 14,09 | 13,64 |
| Sujeto 2 | 87,8 | 84,9 | 85,5 | 78,4 | 81,1 | 85,54 | 87 | 82,3 | 77,5 | 10,8 | 10,6 | -3,3 | -2,62 | -10,7 | -7,63 | -2,57 | -0,91 | -6,26 | -11,7 | 12,3 | 12,07 |
| Sujeto 3 | 45,7 | 47,7 | 52,8 | 44,2 | 49,8 | 53,3 | 55,5 | 49,2 | 51,6 | 4,1 | 4,1 | 4,4 | 15,5 | -3,3 | 9,0 | 16,6 | 21,4 | 7,7 | 12,9 | 9,0 | 9,0 |
| Sujeto 4 | 84,1 | 86,9 | 90,2 | 79,7 | 77,7 | 88,6 | 86,3 | 79,4 | 77,7 | 12,8 | 10,9 | 3,3 | 7,3 | -5,2 | -7,6 | 5,4 | 2,6 | -5,6 | -7,6 | 15,2 | 13,0 |
| Sujeto 5 | 78,0 | 73,7 | 64,8 | 64,0 | 60,3 | 76,9 | 66,6 | 64,7 | 60,3 | 10,3 | 8,6 | -5,5 | -16,9 | -17,9 | -22,7 | -1,4 | -14,6 | -17,1 | -22,7 | 13,2 | 11,0 |

| Tabla 2. | | Pie dominante | | | | Pie no dominante | | | | | | Pie dominante | | | | Pie no dominante | | | | | |
|----------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | Peso (kg) | Pico de apoyo sin bastón (kg) | Pico de impulso sin bastón (kg) | Pico de apoyo con bastón (kg) | Pico de impulso con bastón (kg) | Pico de apoyo sin bastón (kg) | Pico de impulso sin bastón (kg) | Pico de apoyo con bastón (kg) | Pico de impulso con bastón (kg) | Bastón en mano dominante (kg) | Bastón en mano no dominante (kg) | Pico de apoyo sin bastón (% peso) | Pico de impulso sin bastón (% peso) | Pico de apoyo con bastón (% peso) | Pico de impulso con bastón (% peso) | Pico de apoyo sin bastón (% peso) | Pico de impulso sin bastón (% peso) | Pico de apoyo con bastón (% peso) | Pico de impulso con bastón (% peso) | Bastón en mano dominante (% peso) | Bastón en mano no dominante (% peso) |
| Sujeto 1 | 66,7 | 59,2 | 65,7 | 58,1 | 63,4 | 60 | 63 | 58,4 | 63,1 | 7,9 | 6,4 | -11,2 | -1,5 | -12,9 | -4,95 | -10 | -5,55 | -12,4 | -5,4 | 11,84 | 9,595 |
| Sujeto 2 | 87,8 | 84,9 | 85,5 | 77,5 | 78,7 | 85,5 | 87 | 80 | 79,9 | 10 | 8,2 | -3,3 | -2,62 | -11,7 | -10,4 | -2,62 | -0,91 | -8,88 | -9 | 11,39 | 9,339 |
| Sujeto 3 | 55,7 | 47,7 | 52,8 | 52,3 | 47,8 | 53,3 | 55,5 | 52,5 | 57,5 | 6,4 | 5,0 | -14,4 | -5,2 | -6,1 | -14,2 | -4,3 | -0,4 | -5,7 | 3,2 | 11,5 | 9,0 |
| Sujeto 4 | 84,1 | 86,9 | 90,2 | 79,6 | 88,7 | 88,6 | 86,3 | 85,2 | 83,2 | 12,6 | 8,2 | 3,3 | 7,3 | -5,4 | 5,5 | 5,4 | 2,6 | 1,3 | -1,1 | 15,0 | 9,8 |
| Sujeto 5 | 78,0 | 73,7 | 64,8 | 71,0 | 70,7 | 76,9 | 66,6 | 69,0 | 69,3 | 13,9 | 10,9 | -5,5 | -16,9 | -9,0 | -9,4 | -1,4 | -14,6 | -11,5 | -11,2 | 17,8 | 14,0 |